

Documentos Nº 58

ISSN 0104-9046

Outubro, 2000

SELEÇÃO E CUSTO OPERACIONAL DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS

Edson Patto Pacheco



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Acre
Ministério da Agricultura e do Abastecimento

Embrapa Acre. Documentos, 58.

Exemplares desta publicação podem ser solicitados à:

Embrapa Acre

Rodovia BR-364, km 14, sentido Rio Branco/Porto Velho

Caixa Postal, 392

CEP: 69908-970, Rio Branco-AC

Telefones: (068) 224-3931, 224-3932, 224-3933, 224-4035

Fax: (068) 224-4035

sac@cpafac.embrapa.br

Tiragem: 300 exemplares

Comitê de Publicações

Claudenor Pinho de Sá

Edson Patto Pacheco

Elias Melo de Miranda

Flávio Araújo Pimentel

Francisco José da Silva Lédo

Geraldo de Melo Moura

João Alencar de Sousa

Judson Ferreira Valentim

Marcílio José Thomazini

Murilo Fazolin – Presidente

Rita de Cássia Alves Pereira

Suely Moreira de Melo – Secretária

Tarcísio Marcos de Souza Gondim

Expediente

Coordenação Editorial: Murilo Fazolin

Normalização: Orlane da Silva Maia

Copydesk: Claudia Carvalho Sena / Suely Moreira de Melo

Diagramação e Arte Final: Fernando F. Sevá/Jefferson M. R. de Lima

PACHECO, E.P. **Seleção e custo operacional de máquinas agrícolas.** Rio Branco: Embrapa Acre, 2000. 21p. (Embrapa Acre. Documentos, 58).

1. Agricultura - Máquina - Seleção. 2. Agricultura - Máquina - Operação - Custo. 3. Solo - Preparo. 4. Cultura - Implantação. I. Embrapa Acre (Rio Branco, AC). II. Título. III. Série.

CDD 631.35

© Embrapa - 2000

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	5
O MERCADO DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS	6
CAPACIDADE OPERACIONAL DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS	8
CUSTO OPERACIONAL DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS (CT)	16
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	21

SELEÇÃO E CUSTO OPERACIONAL DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS

Edson Patto Pacheco¹

INTRODUÇÃO

A partir do ano de 1999, o governo do Estado do Acre lançou o programa de mecanização agrícola para o aproveitamento de áreas degradadas ou abandonadas, visando à produção de grãos, como alternativa para diminuir a pressão exercida pela agricultura itinerante sobre a floresta nativa. O governo do Estado viabilizou financiamentos junto ao Banco da Amazônia S.A. (Basa), para que associações de produtores pudessem adquirir patrulhas mecanizadas. No entanto, devido à falta de tradição do uso deste tipo de tecnologia, foram encontradas dificuldades no momento de dimensionar os equipamentos que se ajustassem às condições específicas da região. Sendo assim, este trabalho tem como objetivo principal fornecer informações básicas para facilitar os cálculos e tomadas de decisões na seleção de máquinas e implementos agrícolas.

O trabalho de produção agrícola, em sua maior parte, é realizado em etapas cronologicamente distintas, uma vez que está sujeito à periodicidade, tanto das condições climáticas como das fases de desenvolvimento e produção de plantas. Essas etapas, que ocorrem numa seqüência ordenada, desde a instalação das culturas até a entrega dos produtos no mercado consumidor, recebem o nome de operações agrícolas. O enfoque principal desta publicação tem como base as atividades de preparo periódico do solo e implantação de culturas, por determinarem condições preponderantes na obtenção de resultados satisfatórios, além de ser consideradas operações “gargalo”, no que diz respeito ao cumprimento das atividades no tempo disponível, que na maioria das vezes é limitado.

As diversas operações de campo, realizadas com máquinas agrícolas, devem ser executadas de maneira racional, a fim de facilitar a utilização econômica das máquinas.

A seleção de máquinas agrícolas é um assunto bastante complexo devido ao elevado número de fatores envolvidos e de alternativas a considerar. Todavia, uma definição clara e objetiva dos propósitos visados com a seleção da maquinaria agrícola permite o delineamento de roteiros que conduzem a uma solução racional do problema.

No momento da seleção de máquinas agrícolas devem ser observados três pontos principais:

- O mercado de máquinas agrícolas;
- A capacidade operacional; e
- O custo operacional.

¹ Eng.-Agr., M.Sc., Embrapa Acre, Caixa Postal 392, 69908-970, Rio Branco-AC.
E-mail: edson@cpafac.embrapa.br

O MERCADO DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS

Na escolha de espécimes, os seguintes fatores devem ser considerados:

Marca

A marca é o nome que o fabricante dá às máquinas que produz, para diferenciá-las das similares confeccionadas por outras fábricas. Em geral, é dada pelo nome da firma fabricante, por exemplo: trator da marca Valmet, fabricado pela firma Valmet do Brasil S.A.; arado Tatu, fabricado pela Marchesan S.A. etc.

Em quase todos os países, as marcas são registradas no Departamento de Patentes, de acordo com a legislação específica. Os direitos dão ao proprietário da marca registrada prerrogativas exclusivas para seu uso. Apesar disso, sabe-se que um fabricante de máquinas agrícolas somente após muitos anos de trabalho e altas somas investidas em experiências e melhoramentos dos seus produtos consegue estabelecer uma boa representação e conceito da sua marca. Ela ficará conhecida, dessa forma, por meio do comércio local, nacional e até em âmbito internacional. Um fabricante tradicional fará o possível para manter sua reputação e garantir o prestígio da marca de seus produtos, uma vez que tal posição não se ganha de um momento para o outro, nem pode ser comprada, mas é adquirida com o tempo, dedicação e trabalho honesto.

Na escolha da maquinaria agrícola é recomendável iniciar pela marca, averiguando qual o seu conceito e tradição. Máquinas de boa marca são produzidas com esmero; se houver algum problema, certamente tratar-se-á de um descuido casual, prontamente sanado pelo revendedor ou fabricante, que tem o maior interesse em manter a qualidade da marca.

Modelo

O modelo constitui um designativo para certo grupo com características particulares, que diferenciam máquinas do mesmo tipo. Por exemplo, o trator é um tipo de máquina fabricado pela Massey Ferguson do Brasil S.A., todavia distingue-se por modelos: MF 265, MF 275, MF 290 etc. Cada fabricante tem um modo particular de designar os modelos dos diferentes tipos de máquinas de sua linha de produção. Geralmente, essa designação é feita por combinações de letras e números, com significado especial. Por exemplo, os arados da marca Jupil modelos AF - 4 e AR - 3 diferenciam-se pelo primeiro ser um arado fixo de quatro discos e o segundo um arado reversível de três discos.

Para máquinas agrícolas, geralmente não se vincula modelo com ano de fabricação, como ocorre com automóveis e caminhões, uma vez que os modelos não surgem anualmente. Na seleção da máquina agrícola, é importante considerar o modelo objeto de análise devido às seguintes razões:

a) Existem diferenças de características técnicas mais ou menos profundas entre os modelos, resultando que um mesmo tipo, de mesma marca, poderá apresentar modelos cujos comportamentos sejam totalmente diversos, por exemplo: potência disponível dos

tratores e potência necessária para acionamento de implementos;

b) É possível que certos modelos, de determinadas marcas, sejam deficientes, mas poderá existir um novo modelo ou modelo especial que se adapte perfeitamente a determinadas condições operacionais;

c) Existem certos modelos de máquinas e implementos montados que melhor se adaptam a determinados modelos de tratores; a compatibilidade implemento x trator é fundamental para o desempenho do conjunto.

Garantia e assistência técnica

Antes de decidir sobre a compra de certa marca e modelo do trator e implemento, é necessário verificar as condições que o revendedor oferece com relação à assistência técnica.

Um indício de que se pode contar com boa assistência técnica é, ao visitar o revendedor, notar os seguintes pontos:

- a) Estoque razoável e bem organizado de peças de reposição;
- b) Equipe de mecânicos devidamente treinados na fábrica (notar certificados ou diplomas de cursos, geralmente expostos em local visível);
- c) Galpão ou oficina de reparos e revisão bem equipada e devidamente organizada; e
- d) Possibilidade de atendimento na propriedade agrícola.

Padronização da frota

A padronização da frota de máquinas, especialmente de tratores, é uma das preocupações de muitos empresários rurais. Todavia, essa padronização, embora possa trazer muitos benefícios, também apresenta desvantagens. A padronização da frota tem como vantagens:

- a) Facilitar o treinamento tanto de mecânicos como de operadores;
- b) Uniformizar os cuidados e tarefas da equipe de manutenção;
- c) Contribuir sensivelmente para o aprimoramento de operadores ou tratoristas; e
- d) Simplificar a organização e funcionamento do almoxarifado de peças e da oficina de reparos e manutenção.

Suas principais desvantagens são:

- a) Geralmente as fábricas de máquinas agrícolas não oferecem número suficiente de tipos e modelos de uma mesma marca, a fim de atender adequadamente a todas as modalidades de trabalho;
- b) Às vezes, ocorrem situações em que determinadas máquinas são aplicadas sob condições operacionais inadequadas; e
- c) Reduz sensivelmente a liberdade de aplicação de novos modelos de máquinas e implementos, enquadrando o sistema de máquinas agrícolas num esquema rotineiro, sem possibilidade de evoluções rápidas.

CAPACIDADE OPERACIONAL DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS

A quantidade de trabalho que as máquinas e implementos agrícolas são capazes de executar por unidade de tempo denomina-se capacidade operacional.

Terminologias para análise de sistemas mecanizados agrícolas

Capacidade de campo teórica (CcT)

É a razão entre o desempenho da máquina (área trabalhada) e o tempo efetivo, como se a mesma trabalhasse 100% do tempo na velocidade nominal, utilizando 100% da sua largura nominal. Normalmente, é expressa em hectare por hora.

$$CcT \text{ (ha/h)} = \frac{L(m) \times V(km/h)}{10 \times N^{\circ} P}$$

Onde:

L = largura de trabalho (m)

V = velocidade de trabalho

Nº P = número de passadas

Capacidade de campo efetiva (CcE)

É a razão entre o desempenho real da máquina (área trabalhada) e o tempo total de campo. Normalmente, é expressa em hectare por hora.

$$CcE \text{ (ha/h)} = \frac{L(m) \times V(km/h)}{10 \times N^{\circ} P} \times Ec$$

Onde:

Ec = eficiência de campo (decimal)

Capacidade efetiva de manipulação (CeM)

É a quantidade de material realmente manipulada ou processada pela máquina, por unidade de tempo. Geralmente, é expressa em toneladas por hora.

Tempo total de campo (TtC)

É a soma do tempo operacional efetivo com os tempos perdidos.

$$TtC = ToE + TP$$

Tempo operacional efetivo (ToE)

É o tempo durante o qual a máquina está realmente desempenhando a função para a qual foi projetada.

Tempos perdidos (TP)

São as perdas de tempo que ocorrem durante o trabalho da máquina no campo as quais podem ser consideradas esporádicas como, por exemplo, perdas causadas por obstruções no campo, embuchamentos, ajustes ou reparos em operação, parada para descanso etc., e também periódicas, como: manobras de cabeceiras, abastecimento de depósitos de adubo e sementes, abastecimento dos tanques das máquinas aplicadoras de defensivos, descarga do produto colhido, reabastecimento de combustível, lubrificação etc.

O tempo gasto com deslocamento de ida e volta ao campo, acoplamento e desacoplamento, manutenção preventiva e corretiva, verificações diárias, não é incluído para o cálculo do tempo perdido na determinação da eficiência de campo das máquinas agrícolas, e deve ser estimado para cada caso em particular, considerando a habilidade do operador e a distância entre o galpão de máquinas e o campo.

Dessa forma, no momento da determinação da jornada diária de trabalho, deve-se considerar o tempo operacional de campo separadamente do tempo para preparação da máquina.

Eficiência de campo (Ec)

É a razão entre a capacidade de campo efetiva e a capacidade de campo teórica ou a razão entre o tempo operacional efetivo e o tempo total de campo.

$$Ec = \frac{CcE}{CcT} \times 100 \quad \text{ou} \quad Ec (\%) = \frac{ToE}{TtC} \times 100$$

Uma maneira para se reduzir custos de produção é aumentar a eficiência de campo das operações de máquinas agrícolas. A eficiência de campo, durante determinada operação, pode ser calculada a fim de se detectar pontos de estrangulamento, com o objetivo de aumentar o tempo efetivo e, conseqüentemente, a eficiência de campo.

Na prática, para se determinar a capacidade de trabalho de uma máquina, basta verificar o número de hectares trabalhados num determinado período de tempo. Por exemplo, se uma semeadora-adubadora plantou 5 ha de milho em 4 horas, então a capacidade de trabalho é:

$$CcE = \frac{\text{área}}{\text{tempo}} = \frac{5 \text{ ha}}{4,0 \text{ h}} = 1,25 \text{ ha/h}$$

Considerando que esta máquina de semeadura desenvolveu uma velocidade de trabalho de 5 km/h e largura efetiva de 4 m (4 linhas com espaçamento de 1 m entre linhas), tem-se:

$$CcT = \frac{4 \text{ m} \times 5 \text{ km/h}}{10} = 2 \text{ ha/h} \Rightarrow Ec = \frac{1,25 \text{ ha/h}}{2,00 \text{ ha/h}} \times 100 = 62,5\%$$

Devido às diferenças de tamanho de máquina, velocidade de deslocamento, formato e tamanho dos campos, habilidade do operador etc., é impossível dar números exatos para eficiência de campo que se pode obter numa fazenda.

No Brasil, praticamente não se dispõe de tabelas de eficiência de campo, para máquinas ou conjuntos normalmente empregados. Neste particular, há necessidade de se desenvolver pesquisas nacionais, a fim de se obter os parâmetros já mencionados, sem o que se torna quase impossível a execução de cálculos confiáveis. Na ausência de uma tabela obtida nas condições brasileiras, a Tabela 1 reproduz dados contidos em trabalhos de vários autores, normalmente retirados dos padrões da American Society of Agricultural Engineers (ASAE). Observa-se, na Tabela 1 que as eficiências de campo são dadas em uma faixa para as diversas operações, em um intervalo de velocidades, e que os valores, embora obtidos em condições diferentes, podem servir como orientação para as várias operações realizadas por máquinas nas condições brasileiras.

TABELA 1. Velocidades de trabalho e eficiências de campo (Ec%) para operações com diferentes máquinas e implementos agrícolas.

Equipamento	Velocidade (km/h)	Ec (%)
Arados	4 - 8	70 - 85
Grades pesadas	5 - 7	70 - 90
Grades niveladoras	7 - 9	70 - 90
Escarificadores	5 - 8	70 - 85
Subsoladores	4 - 7	70 - 90
Enxadas rotativas	2 - 7	70 - 90
Semeadoras de sementes miúdas	4 - 8	65 - 80
Semeadoras de sementes graúdas (de precisão)		
Plantio direto	3 - 7	50 - 75
Plantio convencional	4 - 8	50 - 75
Cultivadores	3 - 5	70 - 90
Pulverizadores	5 - 8	60 - 75
Colhedora de arrasto	3 - 6	60 - 75
Colhedora combinada automotriz	3 - 6	65 - 80
Colhedora de forragem	4 - 7	50 - 75
Ceifadoras	6 - 9	75 - 85

Para os cálculos da capacidade de campo efetiva só deverá ser computado o tempo de serviço depois que a máquina já estiver no campo; o tempo gasto para regulagem da máquina no galpão, acoplamento do implemento ao trator, manutenções periódicas, reparos e deslocamento até o campo não são incluídos; devem, portanto, ser bem rápidos e os deslocamentos restritos ao mínimo necessário, para que a máquina entre em sua fase rentável.

A programação do uso do equipamento agrícola deve ser criteriosamente estudada

evitando deslocamentos desnecessários. A localização do galpão de máquinas mais próximo possível do campo de produção; o modo de divisão dos campos; a boa distribuição dos insumos a ser utilizados no terreno e operadores das máquinas e pessoal de campo bem treinados são alguns exemplos de como proporcionar melhor aproveitamento do tempo total disponível.

Substanciais melhorias podem ser obtidas, na eficiência de campo, pela análise e variação da maneira de executar as operações. É natural que o modo de realizar as operações no campo esteja intimamente relacionado com o tamanho e a forma da gleba. O objetivo primário é estabelecer uma maneira eficiente para reduzir a quantidade de manobras e a distância percorrida na virada.

Normalmente, implementos reversíveis e montados no engate de 3 pontos proporcionam viradas com distâncias reduzidas e mais rápidas.

A eficiência no uso do tempo pode melhorar significativamente quando os campos são longos. No entanto, medidas de conservação de solo (plantio em nível por exemplo) são provavelmente os fatores mais importantes que influenciam na eficiência de tempo nos modelos de campo, uma vez que nem sempre a maior dimensão da área coincide com o melhor direcionamento das operações visando à conservação do solo.

Quando as condições da cultura e do solo não são as melhores para as operações com máquinas, a velocidade de deslocamento deve ser diminuída. Matematicamente, essa condição irá melhorar a eficiência de campo, mas isso, logicamente, não é a condição desejável de operação para melhorar o rendimento operacional.

Para selecionar máquinas agrícolas devem-se considerar três pontos:

- 1º A área a ser mecanizada;
- 2º As eficiências de campo e as velocidades de trabalho para as operações a ser executadas;
- 3º O tempo de campo disponível para execução das operações - TC (horas):

- jornada diária da máquina no campo - JD (h/dia);
- número total de dias para execução das operações de campo - TD;
- número de dias perdidos - DP;
- número de dias de final de semana e feriados;
- número de dias perdidos devido ao clima.

Para que um dia seja considerado trabalhável, devido ao clima, é necessário que:

- a) a umidade do solo seja menor ou igual a 90% da disponibilidade máxima de água que o solo pode ter;
- b) a precipitação ocorrida no dia seja inferior a 5 mm;
- c) a precipitação no dia anterior seja inferior a 10 mm; e
- d) não haja persistência do mal tempo, isto é, a precipitação do dia anterior seja maior que 2,0 mm e do dia trabalhável superior a 0,2 mm.

Exemplo de cálculos de capacidade operacional

Exemplo 1

De acordo com as condições climáticas da região, um produtor determina um tempo de dois meses para realizar o preparo do solo, trabalhando 10 horas por dia. O preparo do solo é o convencional (1 aração e 2 gradagens) e a área a ser preparada é de 120 ha, dimensionando a largura de trabalho do arado e da grade para executar a operação com maior eficiência.

Considerando que dois meses têm oito finais de semana e que o produtor não trabalhará aos domingos (oito dias) $\Rightarrow 60 - 8 = 52$ dias, considerando ainda que 10% desses dias não são trabalháveis devido à chuva $\Rightarrow 52 - 10\% = 46,8$ dias, esse produtor contará com aproximadamente 47 dias trabalháveis com jornada de trabalho de 10 horas/dia, ou seja, pode-se contar com 470 horas de trabalho para o preparo do solo da área.

Um índice prático para divisão do tempo entre aração e gradagem é considerar 2/3 e 1/3 do tempo para as duas operações, respectivamente:

Aração = 470 horas \times 2/3 = 313,3 horas;

Gradagem = 470 horas \times 1/3 = 156,7 horas.

Então, para calcular a capacidade de campo efetiva para cada implemento, procede-se da seguinte forma:

$$CcE \text{ arado} = \frac{\text{Área}}{\text{Tempo p/ aração}} = \frac{120 \text{ ha}}{313,3 \text{ h}} = 0,38 \text{ ha/h}$$

$$CCE \text{ grade niveladora} = \frac{\text{Área}}{\text{Tempo p/ aração}} = \frac{120 \text{ ha}}{156,7 \text{ h}} = 0,77 \text{ ha/h}$$

$$CCE = \frac{L \text{ (m)} \times V \text{ (km/h)}}{10 \times N^{\circ} \text{ de passadas}} \times Ec$$

Conforme a Tabela 1 pode-se utilizar:

Arado: velocidade de trabalho 5 km/h e $Ec = 75\%$;

Grade niveladora: velocidade de trabalho 8 km/h e $Ec = 80\%$.

$$\text{Arado} \Rightarrow 0,38 \text{ ha/h} = \frac{L \text{ (m)} \times 5 \text{ km/h}}{10 \times 1 \text{ passada}} \times 0,75 \Rightarrow L = 1,0 \text{ m}$$

$$\text{Grade niveladora} \Rightarrow 0,77 \text{ ha/h} = \frac{L \text{ (m)} \times 8 \text{ km/h}}{10 \times 2 \text{ passadas}} \times 0,80 \Rightarrow L = 2,4 \text{ m}$$

Em resumo, o preparo da área de 120 ha será realizado em dois meses se for usado arado de 1,0 m de largura de trabalho (arado de três discos), na velocidade de 5 km/h, com eficiência de campo de 75% e grade niveladora de 2,4 m de largura de trabalho (28 discos), a 8 km/h, com eficiência de campo de 80%, trabalhando-se 10 horas por dia, de segunda a sábado, considerando uma perda de 10% dos dias úteis devido a fatores climáticos.

Atenção deve ser dada quando o conjunto motomecanizado para preparo do solo for composto por grade pesada e grade niveladora. Neste caso, podem-se considerar as mesmas proporções de tempo citadas anteriormente, ou seja, 2/3 para gradagem pesada (preparo primário) e 1/3 para gradagem leve (preparo secundário), em um sistema de preparo do solo convencional (1 gradagem pesada e 2 niveladas).

Potência necessária para acionamento de máquinas agrícolas

O trator usa motor de combustão interna para fornecer potência às máquinas agrícolas. Perdas de potência ocorrem quando a potência do motor é transmitida para a tomada de força, sistema hidráulico e rodado de tração.

A potência disponível na barra de tração depende principalmente da potência do motor, da distribuição de peso sobre os pneus e da superfície do solo. A patinação das rodas, responsáveis pela tração, constitui-se numa perda de potência. Para cada tipo de superfície existe uma patinação que torna máxima a eficiência tratória. Superfícies mais soltas, como por exemplo, solos arenosos, permitem uma patinação maior para que a eficiência tratória seja máxima. No entanto, preconiza-se que de uma forma geral a patinação deve estar numa faixa entre 10% e 14%.

A força de tração necessária é o principal fator a ser considerado para o cálculo da potência nominal que um trator deverá ter no motor, para acionar determinado implemento. A seguir, serão apresentadas fórmulas visando estimar a força de tração exigida para alguns implementos de preparo periódico do solo e implantação de culturas.

Demanda de força de tração dos implementos

Arado de discos ou de aivecas - Força por unidade de área (Pa) da secção transversal da leiva em (N/cm²), velocidade (V) em (km/h):

Argila siltosa	$Pa = 7 + 0,049 V^2$
Silt arenoso	$Pa = 3 + 0,032 V^2$
Franco-arenoso	$Pa = 2,8 + 0,013 V^2$
Arenoso	$Pa = 2 + 0,013 V^2$

$$F = (Pa/10) \times Prof. \times Larg.$$

Onde:

F = força de tração (kgf)

Pa = força por unidade de área (N/cm²)

Prof. = profundidade de trabalho (cm)

Larg. = largura de trabalho (cm)

Grade de discos - Força de tração (P) em N, para qualquer velocidade, a profundidades normais, onde M é a massa em kg:

Argiloso $P = 14,7 \cdot M$

Franco-siltoso $P = 11,7 \cdot M$

Franco-arenoso $P = 7,8 \cdot M$

$$F \text{ (kgf)} = P/10$$

Semeadoras - Força de tração (PI) em (N/linha):

Semeadora para sementes graúdas (só semeadura):

PI = 450 a 800 N/linha

Semeadora-adubadora de sementes graúdas:

PI = 1100 a 2000 N/linha

Semeadora-adubadora de sementes miúdas:

PI = 335 a 670 N/linha

$$F \text{ (kgf)} = (PI/10) \times N^{\circ} \text{ de linhas}$$

Potência nominal no motor dos tratores

$$Pot_{BT} = (F \times V)/75$$

Onde:

Pot_{BT} = potência na barra de tração (cv)

F = força de tração (kgf)

V = velocidade de trabalho (m/s)

Devido a fatores de perdas de potência, como o atrito do sistema de transmissão, a patinação das rodas motoras, a resistência ao rolamento, além da reserva de potência, pode-se considerar, de forma prática, que os tratores agrícolas de pneu desenvolvem na barra de tração somente 50% da potência nominal do motor.

$$Pot_{Motor} = Pot_{BT} / 0,5 \quad \text{ou} \quad Pot_{Motor} = Pot_{BT} \times 2$$

Exemplo 2

Levando-se em conta o arado de discos e a grade niveladora selecionados no exemplo anterior, calcula-se e seleciona-se o trator necessário para tracionar esses dois implementos de preparo do solo, considerando-se um solo de textura argilosa.

Arado de 3 discos

- Largura de trabalho = 1 m
- Profundidade de trabalho = 20 cm
- Velocidade de trabalho = 5,0 km/h

Grade niveladora de 28 discos

- Largura de trabalho = 2,4 m
- Profundidade de trabalho = 9 cm
- Velocidade de trabalho = 8,0 km/h
- Massa = 758 kg

1º Cálculo da força de tração

Arado

Textura argilosa $\Rightarrow Pa = 7 + 0,049 V^2 = 7 + 0,049 \times (5)^2 = 8,23 \text{ N/cm}^2$

$F = (Pa/10) \times \text{Prof.} \times \text{Larg.} \Rightarrow F = (8,23 \text{ N/cm}^2/10) \times 20 \text{ cm} \times 100\text{cm} = 1646 \text{ kgf}$

Grade

Textura argilosa $\Rightarrow P = 14,7 \times M = 14,7 \times 758 \text{ kg} = 11143 \text{ N}$

$F = P/10 \Rightarrow F = 11143 \text{ N}/10 = 1114 \text{ kgf}$

2º Cálculo da potência no motor

Arado

$Pot_{BT} = (F \times V)/75 = [1646 \text{ kgf} \times (5,0 \text{ km/h}/3,6)]/75 = 30,5 \text{ cv}$

$Pot_{Motor} = Pot_{BT}/0,5 = 30,5 \text{ cv}/0,5 = 61 \text{ cv}$

Grade

$$\text{Pot}_{\text{BT}} = (F \times V)/75 = [1114 \text{ kgf} \times (8,0 \text{ km/h}/3,6)]/75 = 33 \text{ cv}$$

$$\text{Pot}_{\text{Motor}} = \text{Pot}_{\text{BT}}/0,5 = 33 \text{ cv}/0,5 = 66 \text{ cv}$$

Conclui-se que um trator com 65 a 70 cv seria suficiente para tracionar o arado de discos e a grade niveladora descritos anteriormente nas condições mencionadas.

CUSTO OPERACIONAL DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS (CT)

Os custos com máquinas agrícolas são normalmente divididos em dois componentes principais: custos fixos (CF) e custos variáveis (CV).

$$\text{CT} = \text{CF} + \text{CV}$$

Custos fixos (CF)

Os custos fixos são aqueles que devem ser debitados, independentemente da máquina ser usada ou não, daí o fato de ser também chamados de custos de propriedade. Nesse particular, é necessário ponderar que, a partir do momento em que foi adquirido um trator ou qualquer outra máquina agrícola, ela passa a onerar seu proprietário, mesmo que seja mantida inativa no galpão de máquinas. A forma de remover tal ônus é utilizar o trator o maior número de horas por ano, reduzindo o quanto possível o tempo ocioso. Entre os custos fixos são incluídos: depreciação (D), juros (J), alojamento e seguros (AS).

$$\text{CF} = \text{D} + \text{J} + \text{AS}$$

Depreciação (D)

A parcela de depreciação, que é inclusa nos gastos fixos, representa, em última análise, a constituição de um fundo de reserva para a aquisição de uma máquina nova, do mesmo tipo, potência, peso etc.

A depreciação se refere à desvalorização da máquina em função do tempo, seja ela utilizada ou não. Se uma máquina for pouco utilizada durante o ano, sua depreciação ocorrerá principalmente devido à obsolescência, e se for intensamente utilizada, a depreciação se dará devido ao desgaste. A diferença é que, no segundo caso, a máquina proporcionou um retorno por meio do serviço prestado.

A depreciação de uma máquina não é conhecida com precisão, enquanto ela não for vendida, pois apenas nesta ocasião se terá certeza do seu valor real. Por esse motivo, a depreciação é estimada por meio de diversos métodos: método da linha reta, do saldo decrescente, da soma dos dígitos e depreciação dedutível.

O método da linha reta é o mais simples de ser usado, resultando numa depreciação anual constante da máquina, durante a vida útil. Os demais métodos são indicados para determinação do valor de mercado das máquinas usadas. No método da linha reta, o valor de sucata é arbitrado em 10% do preço inicial da máquina e o valor da máquina é depreciado do valor constante dado por:

$$D = P - S/V$$

Onde:

D = depreciação (R\$/h)

P = preço de aquisição da máquina (R\$)

S = valor de sucata - 0,1 x P (R\$)

V = vida útil (horas)

A vida útil ou econômica da máquina varia muito em função do tipo de máquina utilizado e da sua manutenção. Na falta de estatísticas bem detalhadas para a estimativa da vida útil das máquinas agrícolas, podem-se utilizar valores tabelados como indicação aproximada (Tabela 2).

TABELA 2. Vida útil das máquinas e implementos agrícolas.

Equipamento	Vida útil (horas)	Vida útil (anos)	Uso por ano (horas/ano)
Tratores	10.000	10	1.000
Arados	2.000	5	400
Grades	2.000	5	400
Escarificadores	2.000	5	400
Subsoladores	2.000	5	400
Enxadas rotativas	2.000	5	400
Semeadoras de sementes miúdas	1.200	5	240
Semeadoras de sementes graúdas (de precisão)			
Plantio direto	1.200	5	240
Plantio convencional	1.200	5	240
Cultivadores	2.000	5	400
Pulverizadores	1.200	5	240
Colhedora de arrasto	8.000	10	800
Colhedora combinada automotriz	8.000	10	800
Colhedora de forragem	2.500	10	250
Ceifadoras	2.000	10	200

Juros (J)

O capital utilizado na aquisição da máquina agrícola deve ser computado como retendo juros à base semelhante do que é obtido quando este capital é colocado no comércio. Normalmente, são juros simples e calculados sobre o capital médio investido, pela fórmula que segue:

$$J = \frac{[(P + 0,1P) / 2]i}{t}$$

Onde:

J = juros (R\$/h)

P = preço de aquisição (R\$)

i = juros ao ano (decimal)

t = tempo de uso por ano (horas/ano)

Alojamento e seguros (AS)

Se a máquina for mantida sob abrigo, quando estiver fora de uso, certamente a sua vida útil será maior, dada a possibilidade de se executar reparos em qualquer condição climática e também pela maior proteção das intempéries.

No Brasil, não é muito comum fazer o seguro de máquinas agrícolas. Este fato pode levar à falsa impressão de que não é necessário calcular o custo desse seguro. Não se pode esquecer, porém, que se o proprietário não repassa o custo do seguro a uma seguradora, este é bancado pelo mesmo, pois o risco de acidentes ou perdas sempre existe. Desta maneira, o mais aconselhável é utilizar uma porcentagem do custo inicial para o cálculo do seguro, seja ele feito ou não em uma companhia seguradora.

Os valores sugeridos, pela literatura especializada, para alojamento e seguro de máquinas, variam de 0,75% a 1% do custo inicial ao ano. Sendo assim, aconselha-se uma taxa de 2% ao ano para os cálculos do custo com alojamento e seguro, conforme a fórmula a seguir:

$$AS = 0,02 P/t$$

Onde:

AS = alojamento mais seguro (R\$/h)

P = preço de aquisição (R\$)

t = tempo de uso (horas/ano)

Custos variáveis (CV)

Os custos variáveis ou operacionais são aqueles que dependem da quantidade de uso que se faz da máquina e são constituídos por: combustíveis (C), lubrificantes (L), reparos e manutenção (RM) e salário do tratorista (ST).

$$CV = C + L + RM + ST$$

Combustíveis (C)

Os combustíveis são usados principalmente para o acionamento dos motores de tratores e colhedoras autopropelidas. É difícil avaliar com precisão o consumo de combustível dos tratores, devido às condições variáveis de carga a que são submetidos durante os trabalhos de campo. Entretanto, quando não se tem informação segura do fabricante do trator, várias literaturas citam que o consumo de combustível (óleo diesel) fica em torno de 0,25 a 0,30 litros por hora para cada “cv” de potência exigida na barra de tração.

Portanto, o custo por hora gasto com combustível pode ser calculado por meio da fórmula a seguir:

$$C \text{ (R\$/h)} = 0,25 \times \text{Pot}_{BT} \times \text{Preço do combustível (R\%)}$$

Lubrificantes (L)

A quantidade de lubrificantes gastos por hora depende do tipo e da potência do trator, e pode ser obtida no manual do proprietário e na planilha de manutenção proposta pelo fabricante, determinando a capacidade dos reservatórios de lubrificantes e a periodicidade em horas em que devem ser substituídos.

Normalmente, o período de substituição ocorre conforme o exposto a seguir:

óleo do motor => 200 horas

óleo da caixa de câmbio e diferencial => 750 horas

óleo da redução final => 750 horas

óleo do hidráulico => 750 a 1000 horas

óleo da caixa de direção => 500 horas

Consumo de graxa

O consumo real de graxa só será conhecido realmente com a experiência no decorrer do tempo, entretanto, pode-se estimá-lo conforme o apresentado a seguir:

0,5 kg/10 horas = tratores

0,3 kg/10 horas = implementos

Reparos e manutenção (RM)

Dentre as despesas de manutenção que devem ser computadas, para o cálculo do custo de operação de máquinas agrícolas, encontram-se aquelas realizadas para a manutenção preventiva e corretiva. Na manutenção preventiva, devem-se computar os gastos com componentes trocados a intervalos regulares, tais como filtros de ar, filtros de óleos

lubrificantes, filtros de combustível, correias de polias etc.

A manutenção corretiva é bem mais difícil de ser estimada, uma vez que depende de fatores de difícil controle, como a habilidade do operador, as condições do terreno etc. Em face dessas dificuldades, devem-se conduzir estudos detalhados sobre manutenção de máquinas agrícolas, de forma a fornecer tabelas que permitam o cálculo desses custos, até mesmo antes da aquisição das máquinas necessárias.

A Tabela 3 contém valores em porcentagem para a estimativa do custo inicial com reparos e manutenção durante a vida útil de tratores e outras máquinas agrícolas.

TABELA 3. Parâmetros para cálculo de custos com reparos e manutenção de máquinas agrícolas.

Equipamentos	Gasto total com reparos % do preço de aquisição
Tratores	100
Arados	60
Grades	50
Escarificadores	60
Subsoladores	60
Enxadas rotativas	80
Semeadoras de sementes miúdas	80
Semeadoras de sementes graúdas (de precisão)	
Plantio direto	80
Plantio convencional	80
Cultivadores	100
Pulverizadores	80
Colhedora de arrasto	90
Colhedora combinada automotriz	100
Colhedora de forragem	60
Ceifadoras	150

Salário do tratorista (ST)

Os salários do operador, bem como outros benefícios e encargos sociais, referentes à mão-de-obra, devem ser computados no cálculo do custo operacional das máquinas, considerando-se no mínimo a média que prevalece na região. Também podem ser calculados conforme as fórmulas a seguir:

$$\text{Salário mensal} = 1,5 \times \text{salário mínimo} + 20\% \text{ de encargos sociais}$$

$$\text{ST (R\$/h)} = (\text{salário mensal} \times 13) / \text{horas de uso por ano}$$

O cálculo do custo operacional de um conjunto motomecanizado é importante não só para tomadas de decisão no momento da seleção dessas máquinas, mas também para comparação com os preços de hora/máquina praticados na região, dando subsídios no momento da decisão de comprar ou alugar algum equipamento para realizar uma determinada operação.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

BALASTREIRE, L.A. **Máquinas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1990. 307p.

MANTOVANI, E.C. Máquinas e implementos agrícolas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.13, n.147, p.56-63, 1987.

QUEIROZ, D.M. de. **Engenharia de sistemas agrícolas**. Viçosa: UFV, 1991. 158p.

SAAD, O. **Seleção do equipamento agrícola**. 4.ed. São Paulo: Nobel, 1986. 126p.